

ORGANIC SULFATES AS IONIC LIQUIDS

Publication number: DE10145747

Publication date: 2003-04-03

Inventor: WASSERSCHEID PETER (DE); HAL ROY VAN (NL);
BOESMANN ANDREAS (DE)

Applicant: SOLVENT INNOVATION GMBH (DE)

Classification:

- International: C07D233/58; C07C45/50; C07C211/63; C07C305/06;
C07D233/56; C07D521/00; C07C45/00; C07C211/00;
C07C305/00; C07D233/00; C07D521/00; (IPC1-7);
C07C215/02; C07C217/02; C07C229/00; C07C255/00;
C07D233/56; B01J31/02; C07B37/00; C07B41/12;
C07B43/06; C07C211/62; C07C305/00; C07D213/06;
C07D251/24; C07F9/54

- European: C07C45/50; C07D521/00B1C3

Application number: DE20011045747 20010917

Priority number(*): DE20011045747 20010917

Also published as:

 WO03022812 (A1)

 EP1425268 (A1)

 US2004262578 (A1)

 EP1425268 (A0)

[Report a data error here](#)

Abstract not available for DE10145747

Abstract of corresponding document: [WO03022812](#)

The invention relates to novel ionic liquids of general formula [cation] [R'-SO₄], wherein R' represents a branched or linear, saturated or unsaturated, aliphatic or alicyclic, functionalised or unfunctionalised hydrocarbon chain having between 3 and 36 carbon atoms. Said novel ionic liquids can, for example, be used as solvents or solvent additives in chemical reactions, as extracting agents or as heat transfer media.

Data supplied from the [esp@cenet](#) database - Worldwide

⑩ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

D1
⑩ Offenlegungsschrift
⑩ DE 101 45 747 A 1

⑩ Int. Cl. 7:
C 07 D 233/56

C 07 D 213/06
C 07 D 251/24
C 07 C 305/00
C 07 C 211/62
C 07 F 9/64
C 07 B 37/00
C 07 B 41/12
C 07 B 43/06
B 01 J 31/02
// C07C 217/02,
215/02,229/00,255/00

⑩ Anmelder:

Solvent Innovation GmbH, 50679 Köln, DE

⑩ Erfinder:

Wasserscheid, Peter, Dr., 50829 Köln, DE; Hal, Roy
van, Dipl.-Chem., Schinvenid, NL; Boesmann,
Andreas, Dipl.-Chem., 52068 Aachen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑩ Ionische Flüssigkeiten

⑩ Diese Erfindung bezieht sich auf neuartige ionische Flüssigkeiten der generellen Formel [Kation] [R¹-SO₄] wobei R¹ eine verzweigte oder lineare, gesättigte oder ungesättigte, aliphatische oder alicyclische, funktionalisierte oder unfunktionalisierte Kohlenwasserstoffketten mit 3-35 Kohlenstoffatomen darstellt. Diese neuartigen ionischen Flüssigkeiten können z. B. als Lösungsmittel bzw. Lösungsmittelzusätze in chemischen Reaktionen, als Extraktionsmittel oder als Wärmeträger verwendet werden.

Beschreibung

[0001] Diese Erfindung bezieht sich auf neuartige ionische Flüssigkeiten der generellen Formel [Kation] $[R\text{-SO}_4]$ wobei R' eine verzweigte oder lineare, gesättigte oder ungesättigte, aliphatische oder alicyklische, funktionalisierte oder unfunktionalisierte Kohlenwasserstoffe mit 3-36 Kohlenstoffatomen darstellt. Diese neuartigen ionischen Flüssigkeiten können z. B. als Lösungsmittel bzw. Lösungsmittelzusatz in chemischen Reaktionen, als Extraktionsmittel oder als Wärmeträger verwendet werden.

Technischer Zusammenhang der Erfindung

[0002] Unter ionischen Flüssigkeiten versteht man allgemein Salze oder Gemische aus Salzen, deren Schmelzpunkte unterhalb 100°C liegen (P. Wasserscheid, W. Keim, Angew. Chem. 2001, 112, 3926). Literaturbekannte Salze dieser Art bestehen aus Anionen wie z. B. Halogenostannaten, Halogenoaluminaten, Hexafluorophosphaten oder Tetrafluoroboraten kombiniert mit substituierten Ammonium-, Phosphonium-, Pyridinium- oder Imidazolium-Kationen. Mehrere Veröffentlichungen beschreiben bereits die Verwendung ionischer Flüssigkeiten als Lösungsmittel für chemische Reaktionen (T. Welton, Chem. Rev. 1999, 99, 2071, 25 P. Wasserscheid, W. Keim, Angew. Chem., 2000, 112, 3926). Beispielsweise wurden Hydratationen von Olefinen mit Rhodium(II) (P. A. Z. Suarez, J. E. L. Dullus, S. Einloft, R. B. de Souza und J. Dupont, Polyhedron 1997, 16, 1217-1219), Ruthenium(II) und Cobalt(II) Komplexe (Z. A. Z. Suarez, J. B. L. Dullus, S. Einloft, R. F. de Souza und J. Dupont, Inorganica Chimica Acta 255, 1997, 207-209) in ionischen Flüssigkeiten mit Tetrafluoroborat-Anion erfolgreich durchgeführt. Auch die Hydroformylierung von funktionalisierten und unfunktionalisierten Olefinen gelingt mit Rhodium-Katalysatoren in ionischen Flüssigkeiten mit schwach koordinierenden Anionen (i. B. PF_6^- , BP_4^-) (Y. Chauvin, L. Müssmann, H. Olivier, European Patent, EP 776880, 1997; Y. Chauvin, L. Müssmann, H. Olivier, Angew. Chem. Int. Ed. Engl., 1995, 34, 2658; W. Keim, D. Vogt, H. Waffenschmidt, P. Wasserscheid, J. of Cat., 1999, 186, 481).

[0003] Weitere wichtige Einsatzfelder ionischer Flüssigkeiten liegen in ihrer Verwendung als Extraktionsmittel zur Stofftrennung (J. G. Buddlestone, H. D. Willauer, R. P. Swatloski, A. E. Visser, R. D. Rogers, Chem. Commun. 1998, 1765-1766; b) A. E. Visser, R. P. Swatloski, R. D. Rogers, Green Chemistry 2000, 3(1), 1-4) und in ihrer Verwendung als Wärmeträger (M. L. Minch, J. S. Wilkes, Proceedings of the Eleventh International Symposium on Molten Salts, P. C. Trulove, H. C. De Long, R. G. Stafford and S. Doki (Hrsg.), Proceedings Volume 98-11, The Electrochemical Society, Inc. Pennington, NJ; 1998, S. 254).

Hintergrund und Problemstellung

[0004] Auch wenn die Definition für ionische Flüssigkeit auch solche Salze einschließt, deren Schmelzpunkte zwischen Raumtemperatur und 100°C liegen, so ist es doch für viele Anwendungen erforderlich oder wünschenswert, daß die ionischen Flüssigkeiten bereits bei Temperaturen unterhalb von Raumtemperatur flüssig sind.

[0005] Zahlreiche Beispiele für solche ionischen Flüssigkeiten sind bekannt, allerdings besitzen diese Systeme in der Regel Halogenionen wie F^- , Cl^- , Br^- oder I^- oder solche Anionen, die Halogenatome enthalten. Typische Vertreter der letztgenannten Anionen sind – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – $[\text{BF}_4^-]$, $[\text{PF}_6^-]$, $[\text{CF}_3\text{COO}^-]$, $[\text{CF}_3\text{SO}_3^-]$.

$[(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{N}]^-$, $[\text{AlCl}_4^-]$, $[\text{Al}_2\text{Cl}_7^-]$ oder $[\text{SO}_3\text{Cl}_2^-]$. Die Verwendung solcher Halogenation-haltigen Anionen hat gravierende Einschränkungen für die Anwendbarkeit der entsprechenden ionischen Flüssigkeit zur Folge: a) Die Verwendung dieser Anionen führt zu erheblichen Kosten, da selbst die Alkalisalze dieser Ionen bereits sehr teuer sind; b) Hydrolyseprodukte der Halogenation-haltigen Anionen führen zu erheblicher Korrosion in Stahl- und z. T. auch Glasreaktoren; c) Die thermische Entsorgung einer "verbrauchten" ionischen Flüssigkeit mit Halogenatom-haltigen Anionen verursacht in der Regel Korrosions- und Umweltprobleme und ist daher kostspielig. Die Entsorgung über den Abbau in einer biologischen Kläranlage wird ebenfalls durch die Anwesenheit von Halogenatom-haltigen Anionen erschweren. [0006] Generell sind daher Halogenaten-freie ionische Flüssigkeiten von besonderem technischem Interesse, die folgende fünf Eigenschaften kombinieren:

- Schmelzpunkt bzw. Glaspunkt von unter 25°C;
- hydrolysestabil in neutraler wässriger Lösung ($\text{pH} = 7$) bis 80°C;
- thermisch zu entsorgen, ohne Bildung problematischer Verbrennungsgase;
- in biologischen Kläranlagen abbaubar;
- Anion als Alkalisalz kommerziell kostengünstig erhältlich.

[0007] Unter den nach dem Stand der Technik bekannten Halogenaten-freien ionischen Flüssigkeiten gibt es bisher keine Vertreter, der dieses komplexe technische Anforderungsprofil erfüllen kann. So sind Nitrat-, Nitrit-, Sulfat (J. S. Wilkes, M. J. Jaworsko, J. Chem. Soc. Chem. Commun. 1992, 965) und Benzolsulfonatschmelzen (H. Waffenschmidt, Dissertation, RWTH Aachen 2000) zwar bekannt, diese ionischen Flüssigkeiten besitzen aber Schmelzpunkte über Raumtemperatur. Hydrogensulfate und Hydrogenphosphate reagieren in wässriger Lösung unter Abspaltung eines oder mehrerer Protonen und bilden saure wässrige Lösungen. Methylsulfat und Ethylsulfat schmelzen zeigen bereits nach 1 h bei 80°C in wässriger Lösung deutliche Hydrolyse unter Bildung von Hydrogensulfat-Ionen und dem entsprechenden Alkohol (siehe auch Vergleichsbeispiele 1 und 2).

46 Unsere Erfindung als Problemlösung

[0008] Unsere Erfindung beruht auf der überraschenden Feststellung, daß ionische Flüssigkeiten, die aus einer Kombination eines geeigneten organischen Kations – wobei Imidazolium-, Pyridinium-, Phosphonium- oder Ammoniumkationen besonders geeignete Beispiele sind – mit Anionen der allgemeinen Formel $[R\text{-SO}_4]$ bestehen – wobei R ein linearer oder verzweigter, gesättigter oder ungesättigter, aliphatischer oder alicyklischer, funktionalisierter oder unfunktionalisierter Alkylrest mit 3-36 Kohlenstoffatomen darstellt sich genau durch die bereits erwähnte, hochinteressante und technisch relevante Eigenschaftskombination auszeichnen: Die neuartigen ionischen Flüssigkeiten gemäß dieser Erfindung weisen zum einen Schmelzpunkte bzw. Glaspunkte von unter 25°C auf, sie sind ferner hydrolysestabil in neutraler wässriger Lösung ($\text{pH} = 7$) bis 80°C. Außerdem sind die ionischen Flüssigkeiten gemäß dieser Erfindung unproblematisch thermisch zu entsorgen, da bei ihrer Verbrennung lediglich CO_2 , H_2O und SO_2 gebildet wird. Ein weiterer wesentlicher Vorteil der neuartigen ionischen Flüssigkeiten gemäß dieser Erfindung stellt die Tatsache dar, daß viele Alkalisalze der allgemeinen Formel [Alkalisalz] $[R\text{-SO}_4]$ – wobei R ein linearer oder verzweigter, funktionalisierter

oder unfunktionalisierter, gesättigter oder ungesättigter, aliphatischer oder alicyklischer Alkyrest mit 3-36 Kohlenstoffatomen darstellt - technisch leicht verfügbare Rohstoffe für Waschmittel und für Produkte im Bereich der Kosmetik und Reinigungsmittel sind. Daraus resultiert ein außerordentlich guter Kenntnisstand über die toxiologischen Eigenschaften und das biologische Abbauberverhalten der Anionkomponente [RSO₄]. Daraus folgt, daß die Entsorgung der in technischen Anwendungen "verbrauchten" ionischen Flüssigkeiten gemäß dieser Erfindung in biologischen Kläranlagen unproblematisch vollzogen werden kann.

[0009] Die technisch hochinteressante Kombination dieser fünf Eigenschaften zeichnet die neuartigen ionischen Flüssigkeiten gemäß dieser Erfindung als ideale Lösungsmittel bzw. Lösungsmittelzusätze für stoichiometrische oder katalytische chemische Umsetzungen sowie für ihre Anwendungen als Extraktionsmittel und als Wärmerträger aus.

[0010] Besonders bevorzugt lassen sich auch solche ionischen Flüssigkeiten gemäß dieser Erfindung herstellen und verwenden, die Gemische von unterschiedlichen Anionen der allgemeinen Formel [RSO₄] enthalten - wobei R ein linearer oder verzweigter, gesättigter oder ungesättigter, aliphatischer oder alicyklischer, funktionalisierter oder unfunktionalisierter Alkyrest mit 3-36 Kohlenstoffatomen darstellt. Diese Systeme lassen sich leicht aus den Gemischen der entsprechenden Alkalisalze erhalten, die technisch verfügbar sind.

[0011] Explizit erwähnt seien folgende neuartige ionische Flüssigkeiten gemäß dieser Erfindung sowie ihre Gemische:

1-Ethyl-3-methylimidazolium butylsulfat
1-Ethyl-3-methylimidazolium octylsulfat
1-Ethyl-3-methylimidazolium 2-ethylhexylsulfat
1-Ethyl-3-methylimidazolium dodecylsulfat
1-Butyl-3-methylimidazolium butylsulfat
1-Butyl-3-methylimidazolium octylsulfat
1-Butyl-3-methylimidazolium 2-ethylhexylsulfat
1-Butyl-3-methylimidazolium dodecylsulfat
1-Hexyl-3-methylimidazolium butylsulfat
1-Hexyl-3-methylimidazolium octylsulfat
1-Hexyl-3-methylimidazolium 2-ethylhexylsulfat
1-Hexyl-3-methylimidazolium dodecylsulfat
1-Octyl-3-methylimidazolium butylsulfat
1-Octyl-3-methylimidazolium octylsulfat
1-Octyl-3-methylimidazolium 2-ethylhexylsulfat
1-Octyl-3-methylimidazolium dodecylsulfat
1-Decyl-3-methylimidazolium butylsulfat
1-Decyl-3-methylimidazolium octylsulfat
1-Decyl-3-methylimidazolium 2-ethylhexylsulfat
1-Decyl-3-methylimidazolium dodecylsulfat
1-Decyl-3-methylimidazolium tetrafluoroborat
1-Butyl-pyridinium butylsulfat
1-Butyl-pyridinium octylsulfat
1-Butyl-pyridinium 2-ethylhexylsulfat
1-Butyl-pyridinium dodecylsulfat
Trimethyldecylammonium butylsulfat
Trimethyldecylammonium octylsulfat
Trimethyldecylammonium 2-ethylhexylsulfat
Trimethyldecylammonium dodecylsulfat
Trioctylmethylammonium butylsulfat
Trioctylmethylammonium octylsulfat
Trioctylmethylammonium 2-ethylhexylsulfat
Trioctylmethylammonium dodecylsulfat
Trimethyldecylammonium butylsulfat

Trimethyldecylammonium octylsulfat
Trihexyltetradecylphosphonium butylsulfat
Trihexyltetradecylphosphonium octylsulfat
Trihexyltetradecylphosphonium 2-ethylhexylsulfat
5 Trihexyltetradecylphosphonium dodecylsulfat

Beispiele

Beispiel 1

1,3-Dimethylimidazoliumoctylsulfat ([MMIM] [OeSO₄])

Synthese

15 [0012] Zu einer Lösung von 47.18 g (355.8 mmol) 1,3-Dimethylimidazoliumchlorid ([MMIM] Cl) in 400 ml absolutem Methylenechlorid werden 95.00 g (355.8 mmol min.) Natriumoctylsulfat (technische Qualität; Gehalt $\geq 87\%$) in kleinen Portionen gegeben. Der Ansatz wird 40 Stunden unter Schutzgas gerührt. Der Feststoff wird abfiltriert und mit Methylenechlorid gewaschen. Einengen der organischen Phasen und Trocknen im Hochvakuum liefert 87.55 g [MMIM] [OeSO₄] (285.7 mmol; 80% der theoretischen Ausbeute) in Form einer gelblichen Flüssigkeit.

NMR

¹H-NMR (300 MHz, d₆-DMSO): δ = 8.87 (s, 1H, N-CH₂-N), 7.45, 7.44 (je s, 1H, N-CH₂), 3.87 (molt, 8H, N-CH₂-S-O-CH₂), 1.57 (mult., 2H, S-O-CH₂CH₂-), 1.29 (k.B., 10H, S-O-CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-s), 0.89 (t, J = 6.6 Hz, 3H, -CH₂-CH₃) ppm.
¹³C-NMR (75 MHz, d₆-DMSO): δ = 136.7, 122.8, 116.8, 35.1, 30.9, 28.7, 28.4, 25.1, 21.7, 12.8 ppm.

Viskosität

[0013] Das Produkt zeigt Strukturviskosität. Die Viskosität ist stark abhängig von den Meßbedingungen.

Beispiel 2

1-n-Butyl-3-methylimidazoliumoctylsulfat ([BMIM] [OeSO₄])

Darstellung

[0014] In 200 ml heißem Wasser werden 84.55 g (0.484 mol) 1-Butyl-3-methylimidazoliumchlorid ([BMIM] Cl) und 101.1 g (0.379 mol min.) Natriumoctylsulfat (technische Qualität; Gehalt 87%) gelöst. Das Wasser wird im Vakuum langsam entfernt. Der entstandene Feststoff wird nach Lösen des Ansatzes in Methylenechlorid abfiltriert. Das Filtrat wird mit Wasser gewaschen bis die wässrige Phase farblos und chloridfrei ist. Die organische Phase wird über Na₂SO₄ getrocknet. Einengen und Trocknen im Hochvakuum liefern 111.0 g (0.319 mmol; 73% der theoretischen Ausbeute bezogen auf Natriumoctylsulfat) einer öligen, gelben Flüssigkeit.

NMR

¹H-NMR (300 MHz, d₆-DMSO): δ = 9.16 (s, 1H, N-CH₂-N), 7.80, 7.72 (je s, 1H, N-CH₂), 4.18 (t, J = 7.1 Hz, 2H, N-CH₂), 3.86 (s, 3H, N-CH₂), 3.71 (t, J = 6.6 Hz, 2H, S-O-CH₂), 3.71 (p, J = 7.3 Hz, 2H, N-CH₂CH₂-), 1.47 (k.B., 2H, N-CH₂-CH₂-CH₂-), 1.22 (mult., 12H, S-O-CH₂-CH₂-s), 0.81-0.90 (je tr, J = 3H, -CH₃) ppm.

¹³C-NMR (75 MHz, d⁶-DMSO): δ = 136,9, 123,9, 122,6, 66,0, 55,2, 48,8, 36,0, 31,8, 31,6, 29,4, 29,1, 25,9, 22,4, 19,1, 14,2, 13,5 ppm.

Viskosität

$\eta(20^\circ\text{C}) = 711 \text{ cP}$

Beispiel 3

1-n-Butyl-3-methylimidazoliumaurylsulfat ([BMIM]
[C₂H₅SO₄])

Synthese

[0015] In 50 ml heißem Wasser werden 15,30 g (87,6 mmol) 1-n-Butyl-3-methylimidazoliumchlorid (BMIM Cl) und 26,60 g (87,6 mmol min.) Natriumaurylsulfat (technische Qualität, Gehalt 95-99%) gelöst. Das Wasser wird im Vakuum langsam entfernt. Der entstandene Feststoff wird nach Versetzen des Ansatzes mit Methylenchlorid abfiltriert. Das Filtrat wird mit Wasser gewaschen bis die wäßrige Phase fürblos und chloridfrei ist. Die organische Phase wird über Na₂SO₄ getrocknet. Einengen und Trocknen im Hochvakuum liefert 33,40 g Produkt (82,5 mmol; 94% der theoretischen Ausbeute bezogen auf BMIM Cl), das als weißer, beigefärbter, wachsartiger Feststoff anfällt.
Schmelzpunkt: 44-45°C.

sung zeigt ein rasches Absinken des pH-Werts bis auf pH 1-2. Dies läßt darauf schließen, daß unter diesen Reaktionsbedingungen eine hydrolytische Zersetzung der ionischen Flüssigkeit auftritt. Dabei wird Methanol und das saure Hydrogensulfat an freigesetzt.

6

Vergleichsbeispiel 2

Hydrolyseversuch mit 1-Ethyl-3-methylimidazoliummethysulfat ([EMIM] [C₂H₅SO₄])

[0018] 5 g der ionischen Flüssigkeit 1-Ethyl-3-methylimidazoliummethysulfat ([EMIM] [C₂H₅SO₄]) werden mit 5 ml Wasser versetzt und auf 80°C erhitzt. Im Abstand von 15 min werden Proben aus der Reaktionslösung genommen und pH-Messungen durchgeführt. Bereits ab der ersten Messung zeigt ein rasches Absinken des pH-Werts bis auf pH 1-2. Dies läßt darauf schließen, daß unter diesen Reaktionsbedingungen eine hydrolytische Zersetzung der ionischen Flüssigkeit auftritt. Dabei wird Ethanol und das saure Hydrogensulfat an freigesetzt.

Patentansprüche

1. Beansprucht wird eine ionische Flüssigkeit der generellen Formel [Kation] [R'¹SO₄], wobei R' eine lineare oder verzweigte, gesättigte oder ungesättigte, aliphatische oder alicyclische, unfunctionalisierte oder mit einer oder mehreren Gruppen X functionalisierte Alkygruppe mit 3-36 Kohlenstoffatomen darstellt und X eine -OH-, -OR-, -COOH-, -COOR', -NH₂-, -SO₃-, -F-, -Cl-, -Br-, -I- oder -CN-Gruppe ist, wobei R' eine verzweigte oder lineare Kohlenwasserstoffkette mit 1-12 Kohlenstoffatomen repräsentiert.

2. Beansprucht wird eine ionische Flüssigkeit gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das verwendete [Kation] ein quartäres Ammonium-Kation der allgemeinen Formel

[N(R'²)₃R¹]⁺,

Phosphonium-Kation der allgemeinen Formel

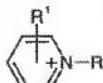
[P(R'²R¹)₃]⁺,

Imidazolium-Kation der allgemeinen Formel



darstellt,

wobei der Imidazol-Kern substituiert sein kann mit wenigstens einer Gruppe, die ausgewählt ist aus C₁-C₆-Alkyl-, C₁-C₆-Alkoxy-, C₁-C₆-Aminoalkyl-, C₅-C₁₂-Aryl- oder C₂-C₁₂-Aryl-C₁-C₆-Alkylgruppen, Pyridinium-Kationen der allgemeinen Formel



wobei der Pyridin-Kern substituiert sein kann mit wenigstens einer Gruppe, die ausgewählt ist aus C₁-C₆-Alkyl-, C₁-C₆-Alkoxy-, C₁-C₆-Aminoalkyl-, C₅-C₁₂-Aryl- oder C₂-C₁₂-Aryl-C₁-C₆-Alkylgruppen, Pyrazolium-Kationen der allgemeinen Formel

Hydrolyseversuche

Beispiel 4

45

Hydrolyseversuch mit 1-n-Butyl-3-methylimidazoliummethysulfat ([BMIM] [C₂H₅SO₄])

[0016] 5 g der ionischen Flüssigkeit 1-n-Butyl-3-methylimidazoliummethysulfat ([BMIM] [C₂H₅SO₄]) werden mit 5 ml Wasser versetzt und auf 80°C erhitzt. Im Abstand von 10 min werden Proben aus der Reaktionslösung genommen und pH-Messungen durchgeführt. Auch nach 2 h bei 80°C ist die Reaktionslösung pH-neutral, was darauf schließen läßt, daß unter diesen Reaktionsbedingungen keine hydrolytische Zersetzung der ionischen Flüssigkeit auftritt.

Vergleichsbeispiel 1

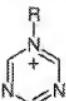
60

Hydrolyseversuch mit 1-n-Butyl-3-methylimidazoliummethysulfat ([BMIM] [CH₃SO₄])

[0017] 5 g der ionischen Flüssigkeit 1-n-Butyl-3-methylimidazoliummethysulfat ([BMIM] [CH₃SO₄]) werden mit 5 ml Wasser versetzt und auf 80°C erhitzt. Im Abstand von 10 min werden Proben aus der Reaktionslösung genommen und pH-Messungen durchgeführt. Bereits ab der ersten Mes-



wobei der Pyrazol-Kern substituiert sein kann mit wenigstens einer Gruppe, die ausgewählt ist aus C₁-C₆- 10
Alkyl-, C₁-C₆-Alkoxy-, C₁-C₆-Aminocalkyl-, C₅-C₁₂-
Aryl- oder C₅-C₁₂-Aryl-C₁-C₆-Alkylgruppen, und
Triazolium-Kationen der allgemeinen Formel



wobei der Triazol-Kern substituiert sein kann mit wenigstens einer Gruppe, die ausgewählt ist aus C₁-C₆- 25
Alkyl-, C₁-C₆-Alkoxy-, C₁-C₆-Aminocalkyl-, C₅-C₁₂-
Aryl- oder C₅-C₁₂-Aryl-C₁-C₆-Alkylgruppen,
darstellt

und die Reste R¹, R², R³ unabhängig voneinander ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus
Wasserstoff;
linearen oder verzweigten, gesättigten oder ungesättigten, aliphatischen oder alicyclischen Alkylgruppen mit 1 bis 20 Kohlenstoffatomen;
Heteroaryl-, Heteroaryl-C₁-C₆-Alkylgruppen mit 3 bis 8 Kohlenstoffatomen im Heteroaryl-Rest und wenigstens einem Heteroatom ausgewählt aus N, O und S, 35
mit wenigstens einer Gruppe ausgewählt aus C₁-C₆-Alkylgruppen und/oder Halogenatomen substituiert sein können;

Aryl-, Aryl-C₁-C₆-Alkylgruppen mit 5 bis 12 Kohlenstoffatomen im Arylrest, die gegebenenfalls mit wenigstens einer C₁-C₆-Alkylgruppe und/oder einem Halogenatomen substituiert sein können;
und der Rest R ausgewählt ist aus
linearen oder verzweigten, gesättigten oder ungesättigten, aliphatischen oder alicyclischen Alkylgruppen mit 45
1 bis 20 Kohlenstoffatomen;

Heteroaryl-C₁-C₆-Alkylgruppen mit 3 bis 8 Kohlenstoffatomen im Arylrest und wenigstens einem Heteroatom ausgewählt aus N, O und S, die mit wenigstens einer C₁-C₆-Alkylgruppe und/oder Halogenatomen 50
substituiert sein können;

Aryl-C₁-C₆-Alkylgruppen mit 5 bis 12 Kohlenstoffatomen im Arylrest, die gegebenenfalls mit wenigstens einer C₁-C₆-Alkylgruppe und/oder einem Halogenatomen substituiert sein können.

3. Beansprucht wird eine ionische Flüssigkeit gemäß Ansprüchen 1 und 2, dadurch gezeichnet, daß die ionische Flüssigkeit ein Anion der Summenformel [C₄H₁₀O₄]⁻ trägt.

4. Beansprucht wird eine ionische Flüssigkeit gemäß Ansprüchen 1 und 2, dadurch gezeichnet, daß die ionische Flüssigkeit ein Anion der Summenformel [C₈H₁₇SO₄]⁻ trägt.

5. Beansprucht wird eine ionische Flüssigkeit gemäß Ansprüchen 1 und 2, dadurch gezeichnet, daß die ionische Flüssigkeit ein Anion der Summenformel [C₁₂H₂₅SO₄]⁻ trägt.

6. Beansprucht wird eine chemische Reaktion, in der

als Lösungsmittel, Lösungsmittelzusatz oder Phasentransfer-Katalysator eine ionische Flüssigkeit benutzt wird, die durch die Ansprüche 1-5 definiert wird.

7. Beansprucht wird eine chemische Reaktion gemäß Anspruch 6, die dadurch gekennzeichnet ist, daß es sich bei der Reaktion um eine Übergangsmetall-katalysierte Reaktion handelt.

8. Beansprucht wird eine chemische Reaktion gemäß der Ansprüche 6 und 7, die dadurch gekennzeichnet ist, daß die Reaktion einer Gruppe von Reaktionen angehört, die Hydroformylierungsreaktionen, Oligomerisierungsreaktionen, Veresterungen, Isomerisierungsreaktionen und Reaktionen zur Aminidbildungsknüpfung umfaßt.

9. Beansprucht wird eine chemische Reaktion gemäß Anspruch 6, die dadurch gekennzeichnet ist, daß es sich bei der Reaktion um eine Reaktion handelt, die durch ein Enzym oder durch einen anderen Biokatalysator katalysiert wird.

10. Beansprucht wird eine chemische Reaktion gemäß der Ansprüche 6 und 9, die dadurch gekennzeichnet ist, daß die Reaktion einer Gruppe von Reaktionen angehört, die Oligomerisierungsreaktionen und andere C-C-Bindungsknüpfungsreaktionen, Veresterungen, Isomerisierungsreaktionen und Reaktionen zur Aminidbildungsknüpfung umfaßt.

11. Beansprucht wird ein Stoff trennverfahren, das als Lösungsmittel oder Lösungsmittelzusatz eine ionische Flüssigkeit benutzt, die durch die Ansprüche 1-3 definiert wird.

12. Beansprucht wird eine Apparatur zum Wärmeaustausch, in der als Wärmeträger oder Wärmeträgerzusatz eine ionische Flüssigkeit benutzt wird, die durch die Ansprüche 1-5 definiert wird.

13. Beansprucht wird die Verwendung einer ionischen Flüssigkeit gemäß Ansprüchen 1-5 als Lösungsmittel.

14. Beansprucht wird die Verwendung einer ionischen Flüssigkeit gemäß Ansprüchen 1-5 als Lösungsmittelzusatz.

15. Beansprucht wird die Verwendung einer ionischen Flüssigkeit gemäß Ansprüchen 1-5 als Phasentransfer-Katalysator.

16. Beansprucht wird die Verwendung einer ionischen Flüssigkeit gemäß Ansprüchen 1-5 als Extraktionsmittel.

17. Beansprucht wird die Verwendung einer ionischen Flüssigkeit gemäß Ansprüchen 1-5 als Wärmeträger.